1913

Moteur rotatif en étoile monosoupape
Single-valve rotary engine

Gnome monosoupape 9 type B

Mise en service *Entry into service*		1916
Nombre de cylindres *Number of cylinders*		9
Puissance *Power*		100 ch
Vitesse de rotation *Rpm*		1 250 tr/mn
Cylindrée *Cubic capacity*		11 760 cm^3
Taux de compression *Compression ratio*		4,85
Consommations *Consumptions*	Essence : 39 l/h *Fuel 15 US gal/h*	Huile : 8.3 l/h *Oil 2.5 US gal/h*
Masse *Gross weight*		137,4 kg *303 lb*

Principaux avions équipés de ce moteur : Avro 504, Airco DH.2, Airco DH.5, Bristol Scout, Nieuport 12, Royal Aircraft Factory B.E.8 et F.E.8, Sopwith Gunbus, Tabloid, Pup, Vickers Gunbus, E.S.1 Bullet, F.B.12 et F.B 19 Bullet.

Main aircraft equipped with this engine : Avro 504, Airco DH.2, Airco DH.5, Bristol Scout, Nieuport 12, Royal Aircraft Factory B.E.8 and F.E.8, Sopwith Gunbus, Tabloid, Pup, Vickers Gunbus, E.S.1 Bullet, F.B.12 and F.B 19 Bullet.

Le moteur rotatif Gnome Monosoupape 9B a été conçu par l'ingénieur français Laurent Séguin en 1913 et mis en production en 1914. Du type 9 cylindres, il a été fabriqué en trois versions principales : Gnome 7A

(80 Ch et 7 cylindres), Gnome 9B avec 100 Ch et Gnome 9N, en 1917, avec une puissance allant jusqu'à 160 Ch.

Trois versions ont été produites en série pour de nombreux avions. Très cher à fabriquer, son coût estimé était d'environ 4 000 $, en 1916 soit 65 000 $ aujourd'hui. C'était l'un des moteurs les plus fiables de la Première Guerre mondiale avec une puissance relativement élevée.

The Gnome Monosoupape 9B engine (single valve) was designed by the French engineer Laurent Séguin in 1913, and it was put into production in 1914. 9-cylinder rotary engine, it was produced in three main variants: Gnome 7A (80 Hp and 7 cylinders), Gnome 9B with 100 Hp and Gnome 9N, in 1917, with a power of up to 160 Hp.

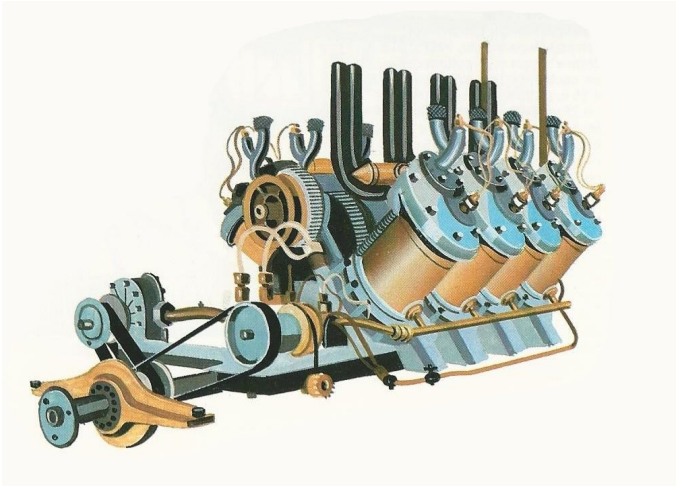
Three versions have been used on many aircraft. Very expensive to manufacture, its estimated cost was around $4,000 in *1916 (which is 65 000 $ in today's dollars). It was one of the most reliable engines of WW1 with relatively high power.*

Les premiers moteurs d'aviation

Les plus anciens moteurs légers à explosion destinés spécialement à l'aviation furent en 1903 le Manly à cinq cylindres rayonnants de 52 Ch et d'une masse de 155 kg pour l'aéroplane de Langley et le Wright doté de quatre cylindres indépendants en fonte fournissant 32 Ch pour une masse de 80 kg.

Ils ont été suivis de près, en 1906, par l'Antoinette 24 Ch de Levavasseur, le pionnier français de l'aviation, un huit cylindres en acier disposés en V à 90° d'une masse de 35 kg, qui fut construit industriellement et adapté à différents aéroplanes. Levavasseur créa ensuite son célèbre Antoinette de 90 Ch : son créateur lui donna le nom d'Antoinette car c'était le prénom de la fille de son mécène et employeur, Jules Gastambide.

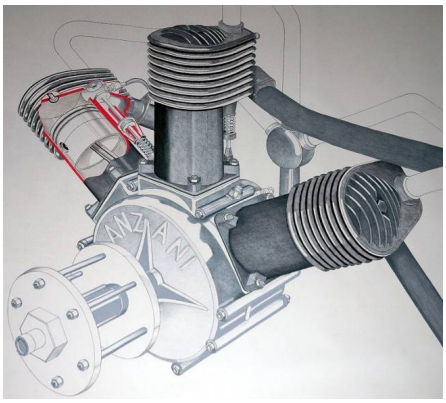
Produit à une échelle industrielle, le V8 permettra d'établir de nombreux records dans les années 1906-1909. Sa fiabilité, sa robustesse et sa puissance, expliquent que ce moteur sera le plus vendu en Europe jusqu'en 1910.



Moteur Antoinette 8 cylindres en acier de 50 Ch et d'une masse de 70 kg

Les temps primitifs de l'aviation peuvent se diviser, pour les moteurs, en deux périodes : celle de l'Antoinette et celle du Gnome. Le premier de ces moteurs équipa tous les aéroplanes ayant donné des résultats importants entre 1906 et 1908. C'est le principe du moteur à cylindres multiples et à rotation rapide. A partir de 1909, la suite des succès passe au rotatif Gnome, œuvre des frères Seguin. Bien que le principe des moteurs rotatifs, c'est-à-dire tournant entièrement autour d'un vilebrequin fixe, ait été connu et déjà appliqué, l'apparition du moteur Gnome fonctionnant en porte à faux, conception très audacieuse, et ses excellents résultats provoquèrent une véritable révolution dans l'aviation et même dans la mécanique en général.

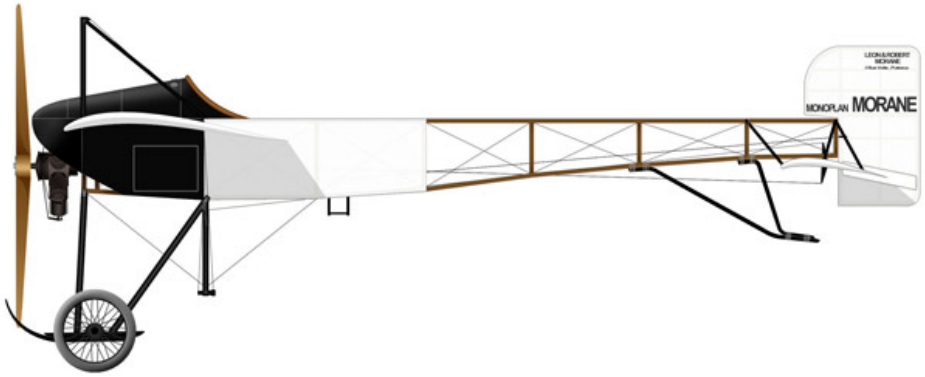
Un fait remarquable, c'est l'intérêt porté, dès les premiers vols de Santos-Dumont avec le moteur Buchet sur son dirigeable n°5, à la recherche de moteurs légers pour l'aviation. Les solutions envisagées dès lors sont extrêmement variées et certaines n'ont été reprises que beaucoup plus tard.
Levavasseur et les frères Seguin inspirèrent de nombreux imitateurs, mais le génie inventif s'exerça dans les sens les plus divers.



Les moteurs fixes se divisèrent par le mode de refroidissement, par l'eau ou par l'air. La disposition des cylindres varie infiniment : du simple 4 cylindres en ligne verticale, du Wright (1907), on passe aux cylindres inversés de Grégoire (1909) et aux 6 cylindres en ligne Labor (1910), système adopté couramment en Allemagne. Anzani créa des moteurs rustiques à 3 cylindres en éventail de 25 Ch pour 65 kg et en Y. Les cylindres en éventail passent à 6 dans le moteur Lemasson de 1910. Robert Esnault-Pelterie invente, dès 1907, son R E P de 50-60 Ch avec 7 cylindres (un groupe de 4 cylindres et un groupe de 3 cylindres dans deux plans parallèles).

Ce fut le premier à refroidissement direct par l'air. Cependant, Darracq – moteur à deux cylindres opposés de 25 Ch monté sur La Demoiselle de Santos-Dumont en 1908 –, Dutheil et Chalmers, Nieuport avec son 28 Ch avec magnéto et bougies qui battit des records de vitesse sur 10

et 15 km puis tous les records de 1 à 100 km le 11 mai 1910 à 120 km/h, Clément et, plus tard, Gnome réalisent des moteurs à cylindres opposés tendant vers la machine plate.



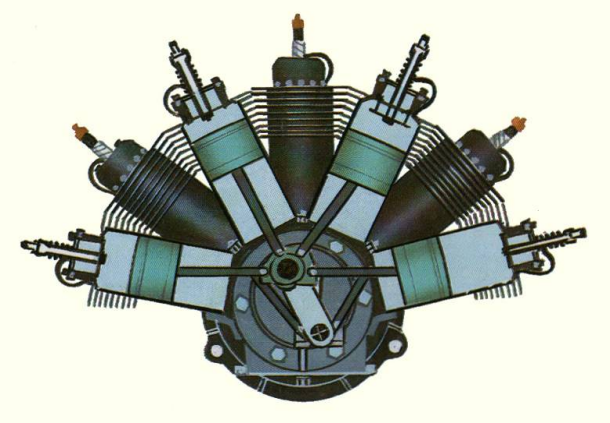
Morane-Saulnier-Monoplan Gnome Omega de 50 ch. Alors que les moteurs de l'époque ont une durée de vie moyenne d'une heure, le Gnome Oméga est donné pour fonctionner 12 heures. Le principal inconvénient du rotatif est sa consommation d'huile de 3,8 litres par heure.

Tout au contraire, Gobron, en 1909, fait voler un moteur à cylindres en X. Des moteurs en étoile, placés horizontalement, sont établis par Farcot et Clerget en 1908. Anzani et Canton-Unné reprennent ce dispositif dans le plan vertical, avec refroidissement par l'air et par l'eau.

Les moteurs rotatifs, développés par Verdet (Le Rhône) et Clerget, connurent aussi de nombreuses tentatives de modification : le Ligez, à double rotation, est à citer.

Les puissances sont restées normalement entre 50 et 70 Ch pendant les six premières années de l'aviation, à part quelques exceptions comme le moteur Panhard de 100 Ch monté sur le biplan de Bolotoff en 1908.

La puissance de 200 Ch, atteinte en 1913 et 1914 par le double Gnome ou par Clerget et Salmson, paraissait alors sans emploi.



Robert Esnault-Pelterie R E P de 90 Ch avec 7 cylindres (1907)

Le moteur Gnome " Omega ", un concentré d'innovations

Au début du XX^{ème} siècle, les avions décollaient depuis des "Champs d'aviation" car il n'y avait pas de piste d'envol bien définie pour imposer un sens de décollage. Le mécanicien poussait l'avion à la main pour le mettre face au vent, le pilote démarrait puis décollait dans la foulée. Cela fait que, à peine en route, le moteur était tout de suite refroidi par le vent dû à la vitesse du vol, le " vent relatif ".

L'apparition progressive de pistes d'envol fixes obligea les pilotes à parcourir une certaine distance, en roulant à vitesse réduite, entre les hangars et le bout de piste. Le moteur avait tendance à chauffer et les pièces internes se dilataient dans des proportions variables qui conduisaient fréquemment au serrage : le moteur s'arrêtait, freiné par ses frottements internes. Le serrage signant généralement l'arrêt de mort d'un moteur.

La solution a été apportée par les frères Louis et Laurent Seguin qui se sont dit : " Lorsque le moteur n'est pas ventilé, il chauffe. Eh bien faisons le tourner ! ". Ainsi est né le moteur rotatif qui est le premier moteur conçu spécifiquement pour l'aviation.

L'Oméga diffère totalement des moteurs à explosion utilisés jusqu'alors dans l'aviation : il tourne avec l'hélice. Au centre, un vilebrequin fixe qui sert d'axe, sur lequel sont articulées les bielles permettant de transformer les mouvements verticaux alternatifs des pistons en rotation. Autour, l'ensemble rotatif : le moteur enveloppé dans son carter, avec ses sept cylindres en étoile et l'hélice. Relativement léger, car la

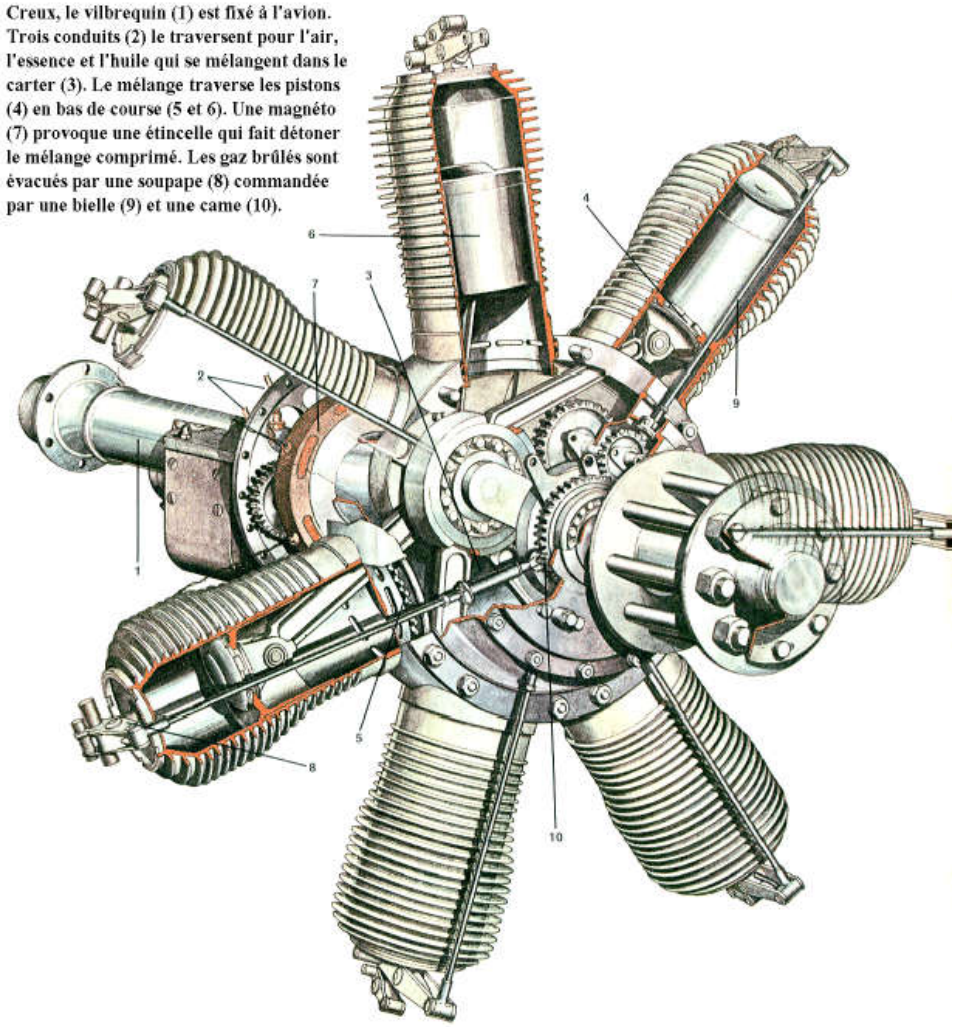
disposition en étoile réduit le bâti moteur à presque rien, l'Oméga développe 50 Ch (35 Ch quand il était chaud) avec un rapport poids/ puissance sans précédent. Mais il a d'autres avantages : en tournant, il induit un effet de volant qui assure un équilibrage parfait de l'appareil. Enfin, il résout le problème essentiel du refroidissement : ses cylindres en acier spécial sont garnis d'ailettes taillées dans la masse, refroidies par l'air qui circule autour. De nombreuses innovations qui expliquent son succès immédiat.

Description.

Le moteur Gnome est un moteur à carter rotatif ; il est constitué par sept cylindres équilibrés tournant autour d'un axe fixe. Six biellettes sont articulées sur la tête de bielle d'une septième bielle fixée au maneton par l'intermédiaire de roulements à billes.

L'admission des gaz se fait par le centre du carter et par une soupape équilibrée automatiquement, placée à la partie supérieure du piston. Chaque soupape d'échappement placée sur le fond du cylindre est commandée par une tige actionnant un culbuteur. L'échappement des gaz brûlés se fait à l'air libre. Le graissage est assuré par deux tubes conduisant, l'un aux têtes de bielles et l'autre aux portées d'arbre et aux cylindres. L'allumage est assuré par une magnéto avec distributeur de courant secondaire, tournant avec le moteur, et dont les plots passent successivement sur un frotteur.

Le refroidissement est assuré par le déplacement d'air résultant de la rotation des cylindres ; de plus, les 3/4 du poids du moteur étant constitués de pièces en rotation, font fonction de volant. Toutes les portées de travail sont munies de roulements à billes ; toutes les pièces sont en acier nickel. Ce moteur fit des essais très remarquables au concours de moteurs à grande puissance massique, organisé par la Commission technique de l'Automobile-Club de France, dans son laboratoire.


Creux, le vilbrequin (1) est fixé à l'avion. Trois conduits (2) le traversent pour l'air, l'essence et l'huile qui se mélangent dans le carter (3). Le mélange traverse les pistons (4) en bas de course (5 et 6). Une magnéto (7) provoque une étincelle qui fait détoner le mélange comprimé. Les gaz brûlés sont évacués par une soupape (8) commandée par une bielle (9) et une came (10).
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Ecorché du Gnome Oméga

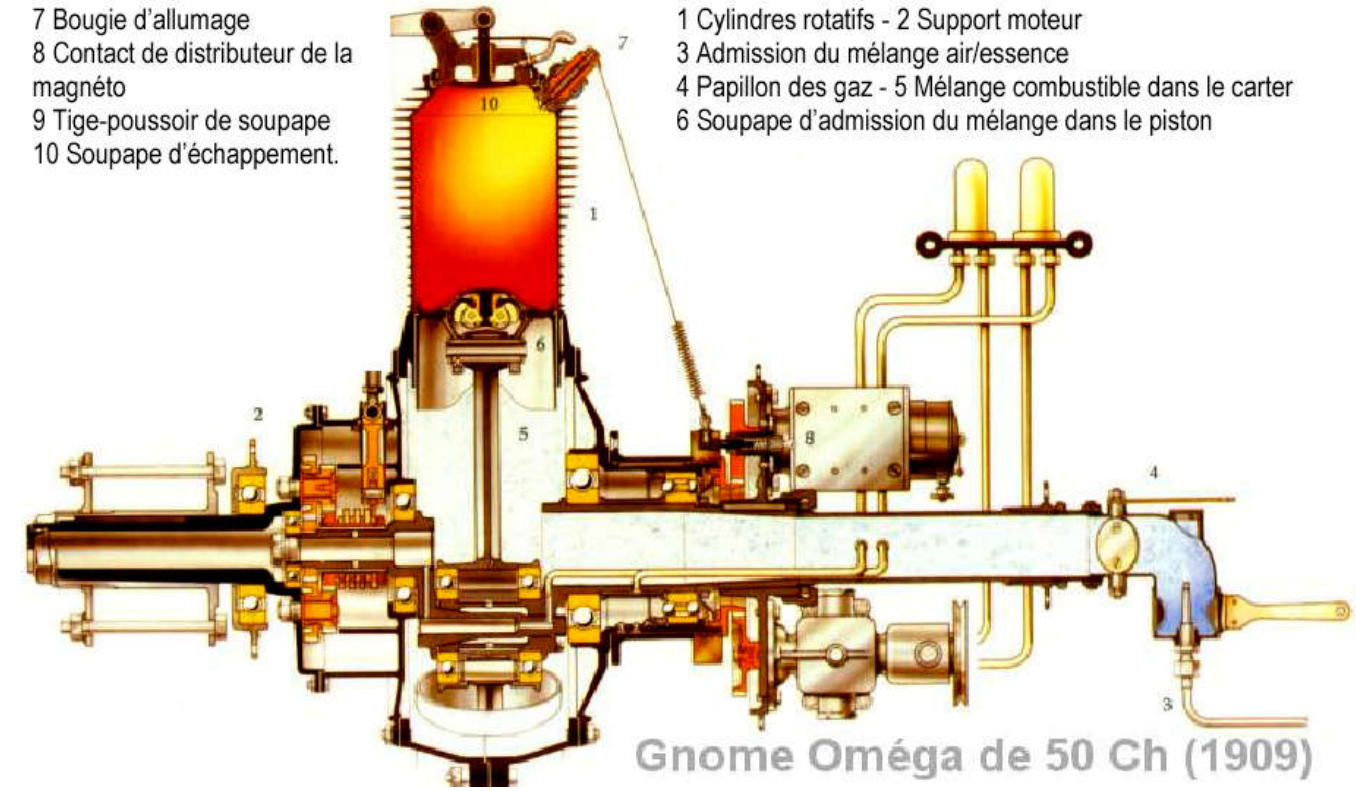
L'Oméga fut le premier moteur étudié spécifiquement pour l'aéronautique par les frères Seguin et fut surnommé le " Rototo ". Avec sept cylindres disposés en étoile, il délivrait une puissance de 50 Ch (35 Ch quand il était chaud) et ne pesait que 76 kg.

Vendu au prix catalogue de 13 000 francs, alors qu'un avion valait de 20 000 à 25 000 F, ce moteur permettra de dépasser les 100 km/h dès juillet 1910 sur un monoplan Blériot (pilote Léon Morane), accumulera 30 records du monde, entre 1909 et 1913, à une époque qui verra fleurir de nombreux constructeurs d'aéroplanes : la "Société Antoinette", les "Constructions aéronautiques Henry Farman", les "Etablissements Robert Esnault-Pelterie" et "Blériot Aéronautique". Il fut le moteur le plus performant de la Première Guerre mondiale.

Dans l'Oméga, le vilebrequin est fixe. Ce sont donc les cylindres qui tournent autour de l'axe et sont ainsi refroidis par la vitesse de rotation (1200 tr/min). L'hélice est fixée sur les cylindres. L'arbre du moteur qui est creux, donne le passage au mélange air-carburant. Celui-ci pénètre dans la culasse par une soupape automatique située au fond du piston.

L'allumage est réalisé par une magnéto et des bougies. La présence du carburant dans le carter ne pose pas de problèmes de graissage, les moteurs deux temps actuels en sont la preuve. L'huile de ricin fut le choix naturel pour le rotatif, car c'était à l'époque un des meilleurs lubrifiants. Cette huile est encore appréciée pour la résistance du film qu'elle dépose sur les pièces en mouvement. Une grande qualité de fabrication alliée aux cylindres en acier avec des ailettes taillées dans la masse lui donnait une excellente fiabilité. En revanche, les forces centrifuges importantes limitaient la puissance du moteur. Ils comportaient 5, 7, 9 ou 14 cylindres. Ce dernier, d'une puissance de 100 Ch, était réalisé par accouplement de deux Oméga. Ce type de moteur remporta les six premières places au concours de Reims en 1911.

Le moteur connaîtra la consécration lors de la Grande Semaine de Champagne à Bétheny (Reims) le 27 août 1909, devant un million de spectateurs lorsque Henri Farman remplace le moteur Vivinus de son biplan Farman type III propulsé par le Gnome Oméga avec la toute nouvelle hélice Chauvière et bat le record du monde de distance (184 km) et de durée (3 h 15 min). Le propulseur reçoit son baptême du feu en septembre 1911, sur avions italiens, lors de la guerre de Libye : c'est la première utilisation opérationnelle militaire d'un avion.


7 Bougie d'allumage
8 Contact de distributeur de la magnéto
9 Tige-poussoir de soupape
10 Soupape d'échappement.
1 Cylindres rotatifs - 2 Support moteur
3 Admission du mélange air/essence
4 Papillon des gaz - 5 Mélange combustible dans le carter
6 Soupape d'admission du mélange dans le piston
Gnome Oméga de 50 Ch (1909)

Le mécanicien injectait avec une seringue une dose de pétrole dans les cylindres avant de tourner l'hélice pour brasser le moteur à la main, puis de le lancer de la même façon.

Bentley le fabriqua en Angleterre, Siemens et Oberursel en Allemagne et Thulin Motor en Suède. Cette société les exportait en Allemagne où les pilotes les préféraient pour leur fiabilité. Les pilotes aimaient son ronronnement régulier " C'est une merveille, ça tourne sans une vibration, sans défaillance, ça souffle comme un tonnerre " s'écrie Henri Farman, mais redoutaient le couple gyroscopique limitant la cadence des virages.

Les pilotes de " rototo " étaient astucieux. Le réglage des premiers moteurs rotatifs demandait une adresse exceptionnelle de la part du pilote. Le mélange de l'air et du carburant se faisait directement à l'entrée du moteur. Une manette actionnait un volet qui calibrait le débit d'air, tandis qu'une autre contrôlait le volume de carburant injecté. Lorsque le mélange devenait trop riche, débit d'essence trop important, le moteur répondait soit avec retard, soit par un grognement suivi d'un arrêt brutal dû à l'encrassement des bougies. En combat aérien, cette panne soudaine était souvent fatale. Lorsque la carburation était parfaitement réglée, le pilote était peu enthousiaste à l'idée de modifier le mélange. Aussi, la méthode du contact coupé était-elle très utilisée par les pilotes. Elle consistait simplement à couper l'allumage, donc le moteur, pour réduire la vitesse ou pour perdre de l'altitude. Dès que le pilote rétablissait le contact, le moteur reprenait rapidement la pleine puissance dans un nuage de fumée. Cette méthode était très dommageable pour la tenue mécanique des moteurs. Elle fut appliquée parce qu'elle permettait un contrôle total de la puissance sans prendre de risques. Dès que les carburateurs furent modernisés et dès que l'entraînement des pilotes fut plus complet, l'astuce du contact coupé fut abandonnée.

Autre difficulté pour les pilotes de rotatif : le graissage qui posait des problèmes de visibilité. La force centrifuge projetait l'huile vers le haut des cylindres, forçant son évacuation par la soupape d'échappement. À chaque remise de gaz, le moteur libérait de la fumée blanche d'huile de ricin qui déposait un voile visqueux et tenace sur l'avant de l'appareil et sur le cockpit. L'équipement de base du pilote d'aéroplane doté d'un moteur rotatif comportait la veste de cuir, les lunettes et le long foulard blanc pour les essuyer.

L'odeur de cette l'huile, appréciée aussi pour ses qualités laxatives, permettait de reconnaître le pilote de " rototo " parmi tous les autres.

Exportation et licences.

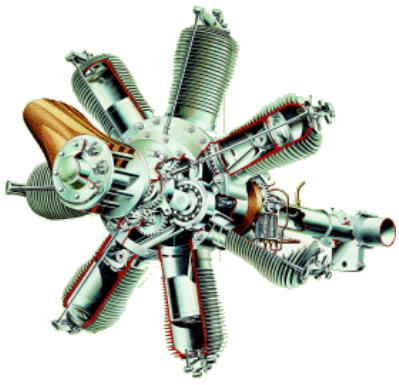
L'Oméga a été construit à plus de 1700 exemplaires en France mais aussi sous licence en Allemagne, Suède, Grande-Bretagne, Etats-Unis et en Russie.

Dès les balbutiements de l'aviation, la Russie acheta des moteurs français Gnome alors réputés pour leur puissance, leur légèreté et leur relative fiabilité. Ils furent considérés comme les plus adaptés à l'aviation militaire russe.

Le seul motoriste russe à l'époque, la Manufacture de moteurs de Riga acheta plusieurs exemplaires de "l'Oméga" en France puis les fit démonter et analyser pièce par pièce. Cependant le moteur russe n'était pas une reproduction exacte de l'original. Les pistons furent usinés en aluminium tandis que les cylindres furent vissés dans le carter, et non plus tenus par des demi-couronnes et des goujons. Enfin, l'assemblage des carters fut simplifié. Le moteur comportait désormais 85 pièces de moins. Le carburateur amélioré permettait à la fois au moteur de démarrer aux basses températures des hivers russes et, combiné à d'autres modifications d'augmenter la puissance. Au final, la nouvelle version de "l'Oméga", bien plus légère, fournissait 60 Ch au lieu des 50 Ch.

En Russie, ce moteur fut indifféremment dénommé Gnome-Kalep ou Kalep-60. En février 1912, l'usine de Riga en produisit cinq exemplaires. L'année suivante, elle en fabriquait trois versions basées sur celles des Gnome, avec des puissances de 60 Ch, 85 Ch et 100 Ch. La version russe du Gnome "Lambda", dénommé Kalep-80 fut la plus produite. Elle pesait 7 kg de moins et son taux de compression plus élevé lui apportait 5 Ch supplémentaires.

La fin du "rototo".



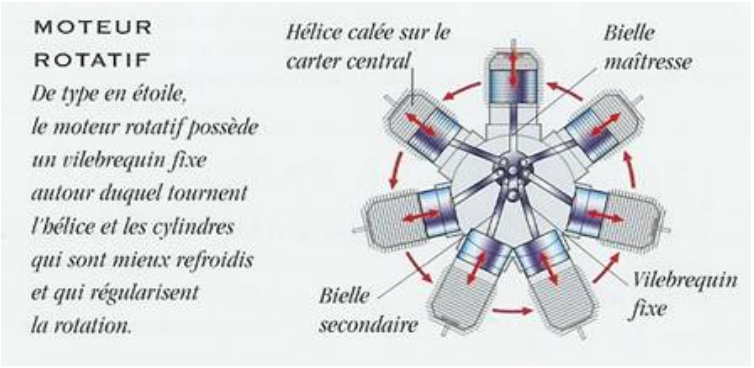
La fin inexorable du " rototo ". À la fin de la Première Guerre mondiale, le moteur rotatif Gnome était en service dans toutes les forces aériennes d'Europe. Le principe des cylindres tournants de Gnome & Rhône avait été adopté en Angleterre par W.O. Bentley (BR 2), en Allemagne par Oberursel et Siemens Halske, et en France par Clerget. Les contraintes imposées par les forces centrifuges limitaient leur vitesse de rotation, donc leur puissance, qui plafonnait à 230 Ch. Les grandes traversées imposaient des moteurs fiables et moins gourmands en carburant. La recherche de performances dans les domaines de la vitesse et de l'altitude justifiait les améliorations dans le rapport entre le poids du moteur et la puissance qu'il développe.

L'apparition de moteurs turbocompressés ou suralimentés favorisa le développement des moteurs fixes fabriqués par Rolls Royce en Angleterre, US Liberty aux États-Unis, Mercedes en Allemagne, Salmson, Renault et Canton-Unné en France. Les révisions toutes les vingt heures de vol du rotatif n'étaient acceptables que pour les amateurs fortunés. La production fantastique de 1914-1918, environ 92 400 moteurs, permit au " rototo " de survivre dans les cirques aériens et dans les associations jusqu'en 1926.

Maintenant, ils sont entretenus avec soin par les musées qui ont le privilège de faire voler d'antiques aéroplanes avec des moteurs rotatifs, fruits du génie des frères Seguin.

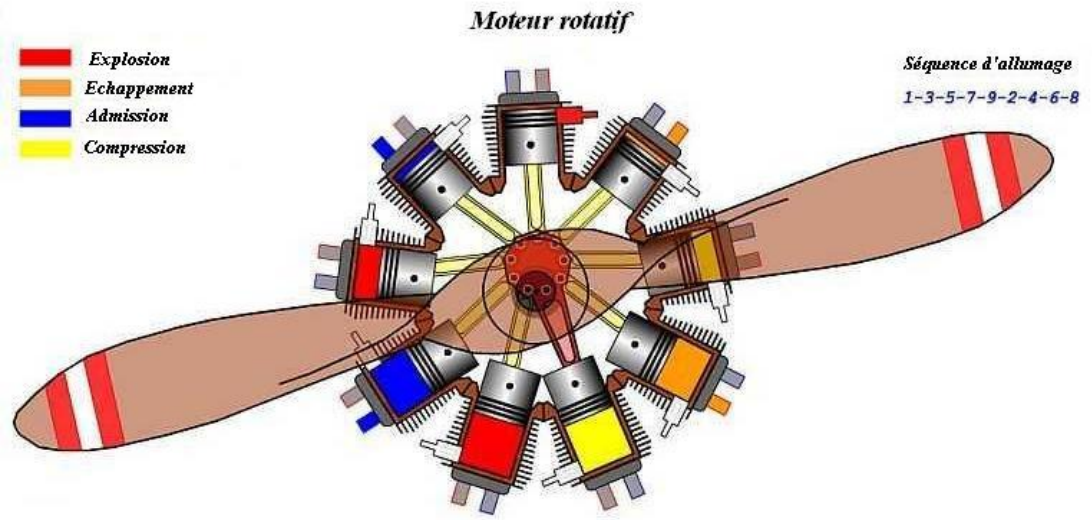
Rotatif

Désigne des moteurs qui tournent autour de leur vilebrequin, vilebrequin fixe solidaire du bâti moteur, carter et culasses mobiles, hélice fixée au carter et non au vilebrequin. On les appelle des "Rototo", ils sont responsables de vibrations importantes, d'un couple de renversement et d'un effet gyroscopique considérables.


MOTEUR ROTATIF
De type en étoile, le moteur rotatif possède un vilebrequin fixe autour duquel tournent l'hélice et les cylindres qui sont mieux refroidis et qui régularisent la rotation.
Hélice calée sur le carter central
Bielle maîtresse
Bielle secondaire
Vilebrequin fixe

Tous les moteurs rotatifs en étoile possèdent un nombre impair de cylindres du fait du séquencement du dispositif d'allumage des cylindres.

On peut se demander pourquoi le moteur comporte un nombre impair (7) de cylindres alors que les moteurs d'auto ont ordinairement 4, 6 ou 8 cylindres. Cela tient au fait que le moteur n'a qu'un seul maneton et fonctionne selon un cycle à 4 temps ; pour assurer un espacement égal des explosions, il faut, chaque fois, sauter un cylindre (qui alors en fin d'échappement). L'ordre d'allumage est alors 1-3-5-7-2-4-6-1. S'il y avait un nombre pair de cylindres la régularité ne pourrait être assurée.



Réducteur d'hélice

Sur les premiers aéroplanes, dès 1907, des installations disposent l'arbre d'hélice sur un axe différent de l'arbre moteur. L'hélice et le moteur sont alors reliés par l'intermédiaire de poulies et courroies. La poulie d'hélice a un diamètre double de la poulie moteur, ce qui réduit le régime de l'hélice de moitié par rapport au régime moteur. L'adaptation de l'hélice à un avion pose un problème délicat à résoudre. Il s'agit d'obtenir le meilleur rendement de l'hélice actionnée par un moteur dont la plus grande puissance est obtenue au maximum de son régime

Or, le rendement de l'hélice est meilleur quand son régime est faible. Un réducteur de régime est placé à l'extrémité du vilebrequin. Il consiste en deux plateaux d'engrenages coniques attelés à un organe porteur. Le régime de l'hélice est proche de la moitié du régime moteur.

Temps de curé

"Temps de curé". Dans le langage aéronautique cela signifie que la visibilité est parfaite, que le ciel est clair et qu'il n'y a pratiquement pas de vent.

Moteurs rotatifs Gnome (1908 - 1917)

Année	Type	Puissance (ch)	Principaux avions équipés
1908	Oméga	50	Farman, Bréguet, Paulhan, Fabre, Sommer, Blériot
1910	Sigma	60	Morane, Farman, Deperdussin, Vraciu II
	Gamma	70	Train, Farman, Bathiat-Sanchez, Clément-Bayard, Voisin II
	Double Oméga	100	Farman, Deperdussin
1912 - 1913	Lambda	80	Blériot, Borel-Odier, Clément-Bayard, Farman, Hanriot, Morane, Vraciu III
	Delta	100	Morane, Donnet-Lévêque
	Monosoupape A	80	Morane, Caudron, Nieuport, Potez
	Double Lambda	160	Deperdussin, Fokker, Blériot
1914 – 1915	Monosoupape B9	100	Caudron, Donnet-Lévêque, Nieuport, Fokker, DH2, Avro, Vickers, Caproni
	Double Gamma	140	Deperdussin
	Monosoupape C	125	Nieuport, Morane
	Monosoupape N	160	Nieuport, Blériot, Pommier
	Monosoupape M	200	Deperdussin
1916 – 1917	Monosoupape 18C	240	Morane